

УДК 66.09289:665.94

А.А. Пастернак<sup>1</sup>, С.В. Нестеренко<sup>2</sup>, Л.П. Банников<sup>3</sup>, К.А. Бутко<sup>3</sup><sup>1</sup> ЧАО «Авдеевский коксохимический завод»<sup>2</sup> Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова<sup>3</sup> ГП «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)»

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПРОЦЕССАХ ПРЯМОГО И НЕПРЯМОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОКСОВОГО ГАЗА

В статье проанализирован опыт эксплуатации и способы охлаждения коксового газа. Рассмотрены преимущества и недостатки прямого и непрямого способов охлаждения. Интенсификация процессов теплопередачи достигается устранением отложений на поверхности теплообмена. Показаны способы устранения органических отложений вызванных загрязнениями коксового газа. Эксплуатационные затраты на обслуживание первичных газовых холодильников напрямую зависят от качества оборотной воды. Рассмотрен практический опыт по устранению негативного влияния оборотной воды на эффективность процесса охлаждения коксового газа.

**Ключевые слова:** прямое и не прямое охлаждение, коксовый газ, теплообменное оборудование, оборотное водоснабжение.

### Постановка проблемы

Большинство коксохимических предприятий Украины введены в эксплуатацию еще в первой половине прошлого века и тесно интегрированы в инфраструктуру городских хозяйств. В соответствии с национальным законодательством, вновь модернизируемые технологические процессы должны соответствовать природоохранным нормативам и требованиям экологической безопасности.

Процессы охлаждения коксового газа являются ведущими в задачах повышения качества продукции, создания новых технологий обработки коксового газа, отвечающих перспективным экологическим, технико-экономическим и социальным требованиям [1].

Исторически сложилось так, что именно изобретение способа охлаждения горячего коксового газа за счет испарения распыляемой воды явилось мощным толчком к использованию коксового газа для получения товарной смолы, аммиака, бензолных углеводородов, серы и серной кислоты и многих других продуктов улавливания и последующей переработки выделяемых из летучих продуктов коксования. И по настоящее время впрыск аммиачной воды в коксовый газ, выходящий из печи при 700-800 °С, позволяет охладить газ в газосборнике до температуры его первоначальной транспортировки 80- 90 °С [2].

Дальнейшее охлаждение коксового газа до температуры 25-35 °С необходимо для снижения его объема при транспортировке за счет конденсации

водяных паров (в холодильниках первичного охлаждения (ПГХ)). Далее коксовый газ поступает в газодувки, где сжимается и соответственно нагревается. Для снятия температуры перегрева коксовый газ охлаждается в конечных газовых холодильниках (КГХ). Таким образом, в химических цехах коксохимпроизводства в специальных аппаратах коксовый газ охлаждается дважды: с 80-90 °С до 25-35 °С в ПГХ и с 50-55 °С до 25-35 °С в КГХ.

На заре развития технологии переработки коксового газа использовалось прямое охлаждение коксового газа при непосредственном и противоточном контакте газа и орошающей воды, которая затем охлаждалась на открытой градирне. В связи с попутной абсорбцией хорошо растворимых компонентов (аммиака, сероводорода, цианистого водорода) и соответствующим ухудшением санитарно-гигиенических условий труда применили оросительные теплообменники для охлаждения орошающей воды оборотной водой через теплопередающую стенку. Дальнейшие усовершенствования процесса касались заменой прямого контакта коксового газа с орошающей водой непрямым: коксовый газ охлаждался оборотной водой, проходящей по трубчатке. В последнее время получает распространение новое высокоэффективное теплообменное оборудование, которое позволяет сократить капитальные затраты на установку газовых холодильников. В этой связи выбор прямого или непрямого охлаждения коксового газа следует оценивать по технологическим и экологическим критериям.

## Результаты исследований

Прямое охлаждение коксового газа промывной водой привлекательно технологически – происходит вымывание из газа суспендированных твердых примесей, аэрозолей смолы, сублимата нафталина и частичное растворение газообразных примесей. В результате такой промывки чистота транспортируемого коксового газа повышается, количество отложений в газопроводе снижается, что снижает количество пропарок газопровода и срок межремонтной эксплуатации. Вторым не менее важным положительным фактором является низкий расход охлаждающей воды, который при проектировании принимают равным  $9-10 \text{ м}^3/1000 \text{ нм}^3$  газа. Холодильники непосредственного действия компактны и удобны в обслуживании, не требуют ремонтов и чисток, не ставятся резервные холодильники, их лишь изредка промывают смолой, добавляя ее к воде. На некоторых заводах холодильники промывали горячей водой из линии «сепаратор-механизированный осветлитель», в которой содержится много смолы, которая растворяет нафталин [3]. Холодильники непосредственного действия выполнены с противоточным контактом фаз: газ входит в нижнюю часть холодильника, охлаждающая жидкость подается на верх холодильника через систему разбрызгивания. Степень очистки коксового газа от смолы и нафталина в холодильниках непосредственного действия выше, чем в трубчатых холодильниках непрямого охлаждения [4]. Однако, такие холодильники не получили широкого распространения, так как конденсат загрязнен прежде всего хорошо растворяющимися в воде газами, что исключает охлаждение такой воды на градирнях. До недавнего времени [4] применявшиеся холодильники для охлаждения циркулирующей воды характеризовались низкой эффективностью теплообмена и громоздкостью, а их эксплуатация связана с усиленной коррозией металлоконструкций и сопутствующим ухудшением санитарно-гигиенических условий труда. Это привело к замене такой системы охлаждения коксового газа на холодильники непрямого действия – трубчатых газовых холодильников.

Следует отметить, что теплообмен между циркулирующей водой для охлаждения коксового газа и оборотной водой, охлаждаемой на градирне, затрудняется из-за наличия в циркулирующей воде примесей смолы и нафталина. Это способствует образованию термического слоя отложений, причем, со стороны обеих теплоносителей, в зависимости от качества также и оборотной воды. В таких условиях использовались различные типы

холодильников, изготовленных из нержавеющей стали: горизонтальные кожухотрубчатые холодильники (коэффициент теплопередачи  $K_r = 300-400 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ ), пластинчатые холодильники ( $K_r = 2000 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ ), а также спирального типа ( $K_r = 800-900 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ ). Широкое применение теплообменников спирального типа в условиях коксохимпроизводства возможно при изготовлении из соответствующих марок нержавеющей сталей, и при осуществлении обязательной реагентной обработки охлаждающей оборотной воды [5]. Для устранения отложений со стороны циркулирующей воды применяется промывка теплообменной поверхности горячей надсмольной водой [1], за рубежом также запатентованы различные добавки для снижения растворения отложений [6,7].

Таким образом, первичное охлаждение коксового газа в ПГХ непосредственного действия обеспечивает высокую чистоту охлажденного коксового газа при низком расходе циркулирующей воды, однако, дальнейшее охлаждение загрязненной воды требует установки теплообменного оборудования из коррозионно-стойких материалов и эксплуатационных затрат на чистку и обслуживание оборудования. Наибольшее распространение данный тип оборудования получил на коксохимпредприятиях США.

Непрямое первичное охлаждение коксового газа получило наиболее широкое распространение в Европе и странах ближнего зарубежья [1,8]. ПГХ с горизонтальными трубами характеризуются более высоким расходом охлаждающей воды, равным  $20 \text{ м}^3/\text{час}$   $1000 \text{ нм}^3/\text{час}$  газа. Степень очистки коксового газа от нафталина при соответствующей организации орошения межтрубного пространства достигает  $0,5-0,7 \text{ г/м}^3$  [1]. К основным недостаткам ПГХ с горизонтальными трубами следует отнести их высокую стоимость, необходимость проведения частых ремонтов, периодические остановки на обслуживание, пропарку и прогрев холодильника горячим коксовым газом, повышенные требования к качеству оборотной воды, ограниченный срок службы отдельных узлов и коррозию оборудования. Для преодоления вышеуказанных недостатков применяются некоторые режимные ограничения, в частности, скорость воды в трубах должна быть не менее  $1,0 \text{ м/сек}$ , нагрев не выше чем на  $15^\circ\text{C}$ , температура нагретой охлаждающей воды не должна превышать температуру ее стабильности, т.е. не выше  $38-40^\circ\text{C}$  и пр. [9].

На процесс эксплуатации ПГХ накладываются различные возмущающие факторы: температура газа после газосборников, температура и качество оборотной воды, качество охлаждаемого газа и пр. Если в коксовых печах вырабатывается высокопиролизованная смола, то она

конденсируется преимущественно в газосборниках. Коксовый газ, поступающий в ПГХ, не содержит достаточно смолы для растворения нафталина. Нехватка смолы для растворения нафталина также наблюдается в последних по ходу движения газа секциях холодильника с горизонтальными трубами.

Для ликвидации отложений в аппаратах при охлаждении коксового газа с  $\approx 80$  до  $\approx 35$  °C применяется орошение эмульсией на основе каменноугольной смолы, которая как конденсируется совместно с водяными парами в указанном интервале, так и подается со стороны. В качестве последней применяется тяжелая смола, конденсирующаяся в интервале от  $\approx 700$  до  $\approx 80$  °C [8].

В сборник для приготовления эмульсии периодически подается тяжелая смола, которая затем постепенно расходуется при выводе конденсата смолы и воды на переработку, одновременно из сборника осуществляется непрерывная подача эмульсии на орошение аппаратов для растворения отложений. Контроль качества осуществляют ежедневно по содержанию воды и плотности эмульсии; содержание нафталина в смоле, входящей в состав эмульсии, определяют подекадно. В цехах улавливания предприятия ПАО «АКХЗ» регламентируется содержание смолы в эмульсии от 30 до 55%.

Таким образом, первичное охлаждение коксового газа в ПГХ непрямого действия требует более высоких капиталовложений и предъявляет еще более тщательного мониторинга состояния теплообменного оборудования со стороны оборотной воды. Эксплуатационные затраты на обслуживание ПГХ с горизонтальными трубами более высокие, необходимы периодические ремонты и чистка труб со стороны оборотной воды.

В прямом и непрямом первичном охлаждении коксового газа в настоящее время не применяется охлаждение циркулирующей воды, загрязненной примесями коксового газа, на открытых градирнях. С точки зрения экологических требований и санитарно-гигиенических условий труда оба метода равноценны при соблюдении регламентированной документации по эксплуатации оборудования.

Требования к качеству оборотной воды при эксплуатации ПГХ с горизонтальными трубами должны быть достаточно высокими, так как обнаружить признаки коррозии на трубах, а также отремонтировать или заменить их достаточно сложно. Весьма актуальной является необходимость подготовки технической воды для удаления механических примесей (содержание взвешенных должно быть менее 50-100 мг/л) и солей временной жесткости в связи с малым диаметром трубчатки.

Для поддержания соответствующего качества воды оборотного цикла используется вывод и пополнение свежей технической воды и реагентная обработка. С одной стороны, использование технической воды для подпитки позволяет снизить содержание хлоридов в оборотном водоснабжении, с другой стороны, увеличение доли технической воды увеличивает вероятность накипеобразования. Повышенная накипная активность оборотных вод способствует образованию на теплообменных поверхностях слоя отложений, ухудшающих теплообмен, и, ведет к снижению эффективности охлаждения коксового газа и увеличению подпиточных вод.

Одним из направлений по снижению интенсивности процессов накипеобразования является замена части технической воды сточной водой после биохимической очистки (БХУ) [10] или водой после городских очистных сооружений [11].

Отсутствие бикарбонатов и ионов кальция в составе сточной воды делает использование очищенных фенольных вод после БХУ в качестве подпитки оборотного цикла охлаждения оправданным и приводит к сокращению использования технической воды.

По применяющимся в Китае стандартам использования сточных вод в оборотных охладительных системах (GB 8978-1996, GB 50335-2002), к качеству воды предъявляются требования, которые могут быть достижимы на установках с мембранной технологией [12].

Большинство действующих на коксохимических предприятиях БХУ обеспечивают степень очистки фенольных сточных вод в соответствии с отраслевыми нормативами: фенол –  $< 2$  мг/дм<sup>3</sup>; роданиды –  $< 10$  мг/дм<sup>3</sup>; смолы и масла –  $< 20$  мг/дм<sup>3</sup>; ХПК –  $< 500$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В той или иной степени, предприятия используют эти воды для пополнения оборотных систем охлаждения ПГХ.

По нашему мнению, актуальным остается количественное определение доли сточной воды в ее смеси с технической для подпитки оборотной системы водоснабжения. Полная замена технической воды сточной должна производиться только после реализации комплекса технологических операций по ее подготовке. Доля сточной воды определяется на основе анализа качества исследуемых вод и составления смесей с различным соотношением, методика определения приведена в [10].

В табл. 1 приведен состав сточной, технической и воды оборотных циклов ЧАО «АКХЗ».

Анализ вод показал достаточно большое содержание хлоридов, сульфатов, а также высокое содержание плотного остатка и взвешенных

веществ. Расчет индекса Ланжелье показывает, что при температуре 40-45<sup>0</sup>С охлаждающая вода обоих циклов имеет положительный индекс в пределах 1,2-1,5. Положительный индекс Ланжелье указывает на возможность образования карбонатных отложений. Проведенные коррозионные испытания образцов-свидетелей в оборотной воде оборотных циклов №1,2 показали, что в них поддерживается накипный режим. Скорость накопления составляет 0,4-0,62 мм/год.

Коррозионную активность оборотной воды циклов № 1 и № 2 были определены

потенциометрическим методом. Скорость коррозии углеродистой стали в оборотной воде при 50<sup>0</sup>С составила для 1 и 2-ого циклов соответственно 0,6 и 0,5 мм/год, причем на коррозионных образцах при испытаниях образуются локальные разрушения (язвы). Для оценки скорости коррозии углеродистой стали ВСт 3 были установлены кассеты с образцами-свидетелями на вентиляторных градирнях предприятия, время испытания составило 1872 часа. Средняя скорость коррозии образцов составила 0,066-0,076 г/м<sup>2</sup>ч.

Таблица 1. Качество исследуемых вод ЧАО «АКХЗ»

Показатели	Цикл № 1	Цикл № 2	Сточная вода	Техническая вода
рН	8,6	8,7	7,6	8,2
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	890	769	745	-
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	397,6	362	454	69,6
Плотный остаток, мг/дм <sup>3</sup>	2405	2015	2356	-
Смолы и масла, мг/дм <sup>3</sup>	0,55	0,70	0,86	-
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	15,0	12,2	13,2	5,0
Кальций, мг-экв/дм <sup>3</sup>	10,2	8,8	9,2	5,2
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,0	3,5	2,0	5,6
Взвешенные, мг/дм <sup>3</sup>	24	25	28	7,0
Аммиак общий, мг/дм <sup>3</sup>	6	5	25	-
Аммиак летучий, мг/дм <sup>3</sup>	2	3	20	-

Моделирование работы теплообменной системы осуществляли на лабораторной установке [10], продолжительность испытания каждого варианта составляла 2-е недели, коэффициент упаривания

составил 2. В качестве подпиточной воды использовали смесь технической и прудовой воды АКХЗ.

Результаты проведенных экспериментов на модельной установке приведены на рис. 1-4 и табл. 2.

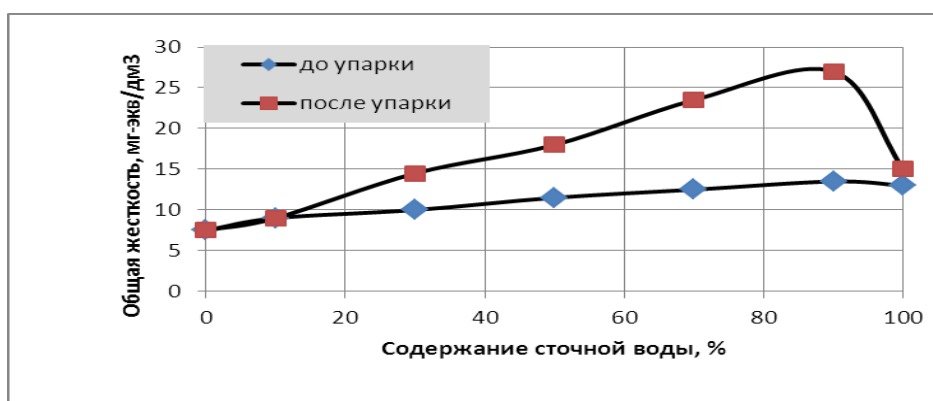


Рис. 1 Общая жесткость исходной и упаренной смеси вод

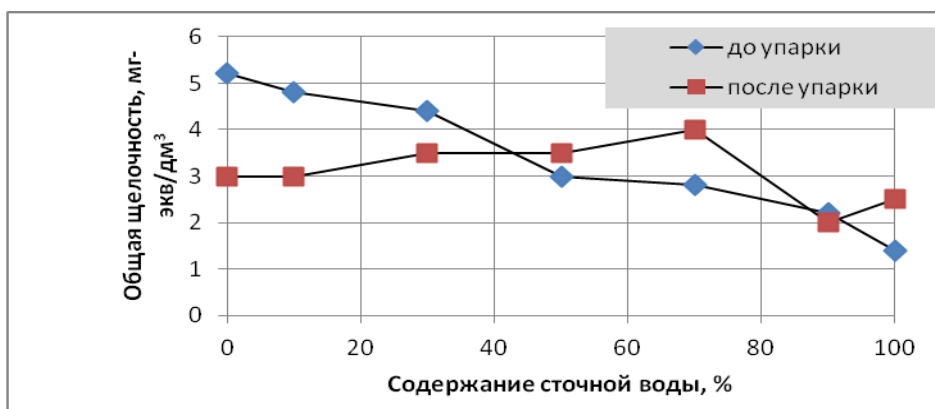


Рис. 2 Общая щелочность исходной и упаренной смеси вод

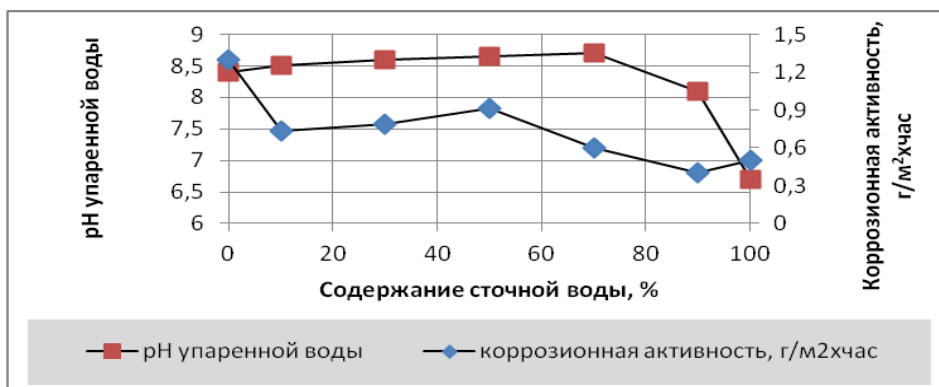


Рис. 3. Водородный показатель и коррозионная активность до и после упаривания исследуемых смесей

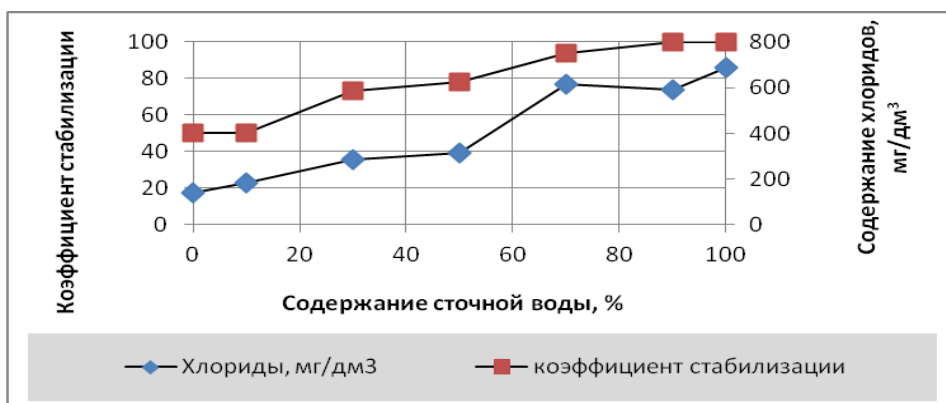


Рис. 4. Коэффициент стабилизации и содержание хлоридов в исследуемых смесях вод

Таблица 2

Содержание технической воды (% масс.)	Общая жесткость мг · экв / л		Общая щелочность мг · экв / л		Коррозионная активность упаренной воды, г/м²·ч	Содержание хлоридов, мг/л	Коэффициент стабилизации, $\gamma = \frac{Ж_{общ.}}{Ж_{теор.}} \times 100\%$	pH после упарки
	до упарки	после упарки	до упарки	после упарки				
100	13	15	1,4	2,5	1,3	142,4	40	8,4
90	13,5	27	2,2	2	0,73	183,75	50	8,5
70	12,5	23,5	2,8	4	0,79	284,5	64	8,6
50	11,5	18	3	3,5	0,91	312,35	78	8,65
30	10	14,5	4,4	3,5	0,6	614,5	94	8,7
10	9	9	4,8	3	0,4	592,4	100	8,1
0	7,5	7,5	5,2	3	0,5	685,5	100	6,7



Анализ показал, что сточные воды ЧАО «АКХЗ» (прудовая вода) проявляет антинакипные (стабилизационные) и ингибирующие свойства по отношению к процессу коррозии и накипеобразования. При соотношении (сточная вода : техническая вода = 70:30) наблюдается наименьшая скорость накипеобразования и скорость коррозии углеродистой стали, которая составила 0,4-0,6 мм/год (определенная потенциостатическим методом).

Существенным недостатком использования качества подпиточной воды выбранного состава является повышенное содержание хлоридов. Для уменьшения влияния  $Cl^-$  предлагается периодическая обработка циклов (1-2 раза в год при максимальной сезонной температуре) гексаметафосфатом натрия (ГМФ). В лабораторных условиях установлено, что коррозионная активность оборотной воды при этом снижается до величин 0,08-0,09 г/м<sup>2</sup>ч при допустимой скорости коррозии 0,1 г/м<sup>2</sup>ч.

### Выводы

Основными направлениями совершенствования непрямого способа охлаждения коксового газа являются промывка межтрубного пространства эмульсией с определенным соотношением смол газосборников и холодильников циклов с аммиачными водами. Данное отношение регулируется для достижения оптимальной текучести и растворяющей способности по отношению к нафталиновым отложениям. Для повышения межремонтного пробега ПГХ необходимо существенное повышение качества оборотной воды.

Прямое охлаждение коксового газа обеспечивает высокую чистоту коксового газа без применения установок малого холода. При этом не наблюдается интенсивного образования отложений из коксового газа. Для охлаждения циркулирующей воды необходима установка современного высокоинтенсивного теплообменного оборудования, которое предъявляет жесткие требования к качеству оборотной воды.

Для повышения качества оборотной воды цикла ПГХ не исключается подпитка сточной воды после БХУ при соответствующей реагентной корректировке воды по всем ключевым показателям, предъявляемым к качеству оборотной воды.

Для крупных коксохимических производств, интегрированных в металлургические комбинаты представляет интерес исследование по вовлечению в оборотные циклы сточных вод городского коммунального хозяйства.

### Литература

1. Назаров В.Г. Научные основы процессов очистки коксового газа от нафталина и смолистых веществ в отделении первичного охлаждения и конденсации / В.Г. Назаров // Кокс и химия. – 2016. – № 6. – С.19-31
2. Кауфман А.А. Технология коксохимического производства / А.А. Кауфман, Г.Д. Харлампович. – Екатеринбург: ВУХИМ НКА. – 2005. – 288 с.
3. Зак А.С. Химцеха на заводах в США / А.С. Зак // Кокс и химия. – 1935. – №4. – С.54-65
4. Улавливание химических продуктов коксования: [учебное пособие] / Гребенюк А.Ф., Коробчанский В.И., Власов Г.А., Кауфман С.И. – Д.: Східний видавничий дім, 2002. – 228 с.
5. Опыт эксплуатации спиральных теплообменников в цехе улавливания химических продуктов коксования / А.Н. Осипов, А.М. Бурханов, А.Н. Приступа, А.Н. Суворов // Кокс и химия. – 2006. – № 12. – С. 34-38
6. Пат. 2002/0084210 А1 США. Method of inhibiting deposits in coke oven gas processing equipment/Steven D. Boyd (США); заявитель и патентообладатель BetzDearborn Inc. – № 10/060,758; заявл. 30.01.02; опубл. 04.07.02, режим доступа к пат.: [www.google.com.ua/patents/US2002/0084210A1](http://www.google.com.ua/patents/US2002/0084210A1)
7. Пат. 005225002 А США. Process for dissolving coke oven deposits comprising atomizing a composition containing N-methyl-2-pyrrolidone into the gas lines /Michael L. Stafford (США); заявитель и патентообладатель Baker Hughes Incorporated. – № 879078; заявл. 01.05.92; опубл. 06.07.93. – Режим доступа к пат.: [www.google.com.ua/patents/US005225002A](http://www.google.com.ua/patents/US005225002A)
8. Первичное охлаждение коксового газа. Его очистка от смолистых веществ и нафталина на электрофильтрах / В.М. Крячук, В.Г. Ольхов, Н.Н. Лутухин, В.И. Экгаус // Кокс и химия. – 2006. – № 12. – С.19-21
9. Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий. – Харьков: Гипрококс, 2001. – 309 с.
10. Стабилизационная обработка оборотного цикла первичных газовых холодильников очищенными фенольными водами / С.В. Нестеренко, Ю.Н. Скрипий, Л.П. Банников, В.В. Корчакова // Коммунальное хозяйство міст: наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. 128. – С. 30-36. – Серія: Технічні науки та архітектура.
11. Reuse of wastewater for industrial cooling systems / Menahem Rebhun, Gideon Engel // Journal Water Pollution Control. – 1988. – № 2. – P. 237-241.
12. Study on coke dry quenching production and recycling of coking wastewater / Mingjun Shan // Frontier of Environmental science. – 2012. – № 12. – P. 7-9.

### References

1. Nazarov V.G. (2016). Scientific basis of coke oven processes of treatment from naphthalene and tar matter in primary cooling and condensation department. *Coke and Chemistry*, 6, 19-31.
2. Kaufman A.A., Kharlampovich G.D. (2005). Technology of coke production Yekaterinburg, 288 p.
3. Zach A.S. (1935) Chemical workshops at factories in the US. *Coke and Chemistry*, 4, 54-65.
4. Grebenyuk A.F., Korobchansky V.I., Vlasov, G.A., Kaufman S.I. (2002). Recovery of Chemical Products of coking: [Tutorial], 228 p.
5. Osipov A.N., Burhanov A.M., Attacks A.N., Suvorov A.N. (2006). Operating experience of spiral heat exchangers in the shop collecting chemical products coking. *Coke and Chemistry*, 12, 34-38.

6. Pat. 2002/0084210 A1 US. Method of inhibiting deposits in coke oven gas processing equipment / Steven D. Boyd (USA); the applicant and the patentee: BetzDearborn Inc. – № 10/060,758; appl.: 30.01.02; publ.: 04.07.02, Access to the Patent: [www.google.com.ua/patents/](http://www.google.com.ua/patents/) US 2002/0084210 A1
7. Pat. 005225002 A US. Process for dissolving coke oven deposits comprising atomizing a composition containing N-methyl-2-pyrrolidone into the gas lines / Michael L. Stafford (USA); the applicant and the patentee: Baker Hughes Incorporated. – № 879078; appl.: 01.05.92; publ.: 06.07.93, Access to the Patent: [www.google.com.ua/patents/](http://www.google.com.ua/patents/) US 005225002 A
8. Kryachuk V.M., Alder V.G., Lutokhin N.N., Ekgaus V.I. (2006). The primary cooling of coke oven gas. It's removal from tar and naphthalene on electrostatic precipitators. *Coke and Chemistry*, 12, 19-21.
9. The technical operation of coke enterprises (2001). 309 p.
10. Nesterenko S.V., Skrypiy Yu.N., Bannikov L.P., Karchakova V.V. (2016). The stabilization treatment working cycle of primary gas cooler of purified phenolic waters. *Scientific technical collection "Utilities cities"*, 128, 30-36.
11. Reuse of wastewater for industrial cooling systems. Menahem Rebhun, Gideon Engel. *Journal Water Pollution Control* (1988), 2, 237-241.
12. Study on coke dry quenching production and recycling of coking wastewater. Mingjun Shan. *Frontier of Environmental science* (2012), 12, 7-9.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.С. Душкин, Харківський національний університет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, г. Харьков.

**Автор:** ПАСТЕРНАК Александр Александрович, ЧАО «Авдеевский коксохимический завод»  
E-mail – root@akhz.com.ua

**Автор:** БАННИКОВ Леонид Петрович  
ГП «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)», кандидат технических наук  
E-mail – ukhinbannikov@gmail.com

**Автор:** НЕСТЕРЕНКО Сергей Викторович  
Харківський національний університет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, кандидат технических наук, доцент  
E-mail – nester.hnamg@mail.ru

**Автор:** БУТКО Кристина Алексеевна,  
ГП «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)»,  
E-mail – ukhinbannikov@gmail.com

## ЕКОЛОГІЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ У ПРОЦЕСАХ ПРЯМОГО І НЕПРЯМОГО ОХОЛОДЖЕННЯ КОКСОВОГО ГАЗУ

О.О. Пастернак<sup>1</sup>, С.В. Нестеренко<sup>2</sup>, Л.П. Банніков<sup>3</sup>, К.О. Бутко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ПРАТ «Авдіївський коксохімічний завод»

<sup>2</sup> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

<sup>3</sup> ДП «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)»

У статті проаналізовано досвід експлуатації і способи охолодження коксового газу. Розглянуто переваги та недоліки прямого і непрямого способів охолодження. Інтенсифікація процесів теплопередачі досягається усуненням відкладень на поверхні теплообміну. Показані способи усунення органічних відкладень, викликаних забрудненнями коксового газу. Експлуатаційні витрати на обслуговування первинних газових холодильників безпосередньо залежать від якості оборотної води. Розглянуто практичний досвід по усуненню негативного впливу оборотної води на ефективність процесу охолодження коксового газу.

**Ключові слова:** пряме і непряме охолодження, коксовий газ, теплообмінне обладнання, оборотне водопостачання.

## ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS IN THE PROCESS OF DIRECT AND INDIRECT COOLING OF COKE OVEN GAS

A.A. Pasternak<sup>1</sup>, S.V. Nesterenko<sup>2</sup>, L.P. Bannikov<sup>3</sup>, K.A. Butko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Avdiivka Coke and Chemical Plant (AKHZ)

<sup>2</sup> O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

<sup>3</sup> Ukrainian State research institute of Carbochemistry

The article analyzes the experience of operation and methods of cooling of coke oven gas. The advantages and disadvantages of direct and indirect cooling methods are described. Intensification of heat transfer is achieved by the removal of deposits on heat transfer surfaces. The ways to eliminate pollution caused by organic deposits of coke oven gas are shown. Operating costs for maintenance of the primary gas coolers are directly dependent on the quality of cooling water. The practical experience is described how to reduce the negative impact of the circulating water in the cooling efficiency of the coke oven gas.

**Key words:** direct and indirect cooling, coke oven gas, heat transfer equipment, cooling water.